

Líneas base, dosis diagnóstico y medición periódica de resistencia a insecticidas en poblaciones de adultos e inmaduros de *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) en el Valle del Cauca, Colombia

Base line data, diagnostic doses, and field monitoring of resistance to several insecticides in adult and immature populations of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) in the Cauca Valley, Colombia

ISAURA RODRÍGUEZ¹, HÉCTOR MORALES¹, CÉSAR CARDONA M.²

Revista Colombiana de Entomología 29 (1): 21-27 (2003)

Resumen. Como continuación de los trabajos sobre resistencia de la mosca blanca de los invernaderos a insecticidas en la Zona Andina de Colombia y Ecuador, se calcularon en laboratorio las líneas base, los valores CL_{50} y CL_{90} y las dosis diagnóstico para imidacloprid, monocrotofos, carbofuran, carbosulfan, bifentrin y cialotrina en adultos de una variedad susceptible de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) mantenida en cría permanente en el CIAT. El imidacloprid fue evaluado en dosis comerciales mediante la metodología de trifolios de fríjol puestos sobre agar noble en cajas petri. Los demás insecticidas se evaluaron en viales impregnados de insecticida en grado técnico. Las dosis diagnóstico para adultos fueron 300 $\mu\text{g}/\text{vial}$ (monocrotofos), 5 $\mu\text{g}/\text{vial}$ (carbofuran), 100 $\mu\text{g}/\text{vial}$ (carbosulfan), 5 $\mu\text{g}/\text{vial}$ (bifentrin), 500 $\mu\text{g}/\text{vial}$ (cialotrina) y 40 ppm (imidacloprid). Se calcularon también las líneas base, los valores CL_{50} , CL_{90} y las dosis diagnóstico sobre ninfas de primer instar utilizando la metodología de inmersión del follaje y dosis comerciales de diafentiuron, buprofezin e imidacloprid. Las dosis diagnóstico para ninfas fueron 300 ppm (diafentiuron), 16 ppm (buprofezin) y 300 ppm (imidacloprid). Las dosis diagnóstico, así calculadas, se utilizaron para medir periódicamente la resistencia a insecticidas en adultos y ninfas de variedades de *T. vaporariorum* del Valle del Cauca colectadas en zonas con uso crítico de insecticidas. Se encontró resistencia alta a organofosforados, resistencia intermedia a piretroides, y susceptibilidad a carbamatos e imidacloprid en adultos. No se detectaron niveles de resistencia de ninfas a reguladores de crecimiento e imidacloprid.

Palabras clave: Mosca blanca. Resistencia. Organofosforados. Carbamatos. Piretroides. Reguladores de crecimiento. Imidacloprid.

Summary. As a continuation to the work on insecticide resistance in whitefly populations in Colombia and Ecuador, line base data, LC_{50} and LC_{90} values, and diagnostic doses for imidacloprid, monocrotophos, carbofuran, carbosulfan, bifenthrin and lambda-cyhalothrin were calculated. Adults of a susceptible variety of *Trialeurodes vaporariorum* maintained at CIAT since 1991 were used. Disks of the treated foliage were placed on agar inside petri dishes. All other insecticides were evaluated using glass vials coated with technical grade insecticides. Diagnostic doses for adults were 300 $\mu\text{g}/\text{vial}$ (monocrotophos), 5 $\mu\text{g}/\text{vial}$ (carbofuran), 100 $\mu\text{g}/\text{vial}$ (carbosulfan), 5 $\mu\text{g}/\text{vial}$ (bifenthrin), 500 $\mu\text{g}/\text{vial}$ (lambda-cyhalothrin), and 40 ppm (imidacloprid). Base line data, LC_{50} and LC_{90} values, and diagnostic doses were also established for first instar nymphs using the leaf-dip methodology with commercial dosages of diafenthiuron, buprofezin and imidacloprid. Diagnostic doses for nymphs were 300 ppm (diafenthiuron), 16 ppm (buprofezin) and 300 ppm (imidacloprid). The above mentioned diagnostic doses were used to monitor resistance to insecticides in adults and nymphs of *T. vaporariorum* variety in areas of the Cauca Valley, where excessive use of insecticides occurs. Adult populations showed high levels of resistance to organophosphates, intermediate resistance to pyrethroids, and susceptibility to carbamates and imidacloprid. No resistance to insect growth regulators and imidacloprid was detected among the nymph populations sampled.

Key words: Whitefly. Resistance. Organophosphates. Carbamates. Pyrethroids. Growth regulators. Imidacloprid.

Introducción

Trialeurodes vaporariorum (Westwood) es considerada como una de las especies de mosca blanca más importantes a nivel mundial por su marcada polifagia, facilidad de dispersión, capacidad de causar daño mecánico y habilidad para desarrollar resistencia a insecticidas rápidamente (Byrne *et al.* 1990). En Colombia, este insecto es la especie más importante en el trópico alto y en los valles interandinos a alturas de 1.500

a 3.000 msnm como plaga de fríjol, habichuela, tomate y papa (Quintero *et al.* 2001). Por su parte, los biotipos de *Bemisia tabaci* (Gennadius) se registraron en la Costa Norte (caso del Biotipo B) y en algunos departamentos del interior del país (caso del Biotipo A) en cultivos de berenjena, tomate, tabaco, soya, ahuyama y algodón, entre otros (Quintero *et al.* 2001).

En el Valle del Cauca, Rodríguez y Cardona (2001) encontraron el biotipo A de *Bemisia*

tabaci en algodón y soya y el biotipo B en poinsetias, mientras que *T. vaporariorum* fue la especie dominante en cultivos de habichuela, tomate, pepino, ahuyama, berenjena y pimentón. En habichuela, en la zona de Pradera, Rendón *et al.* (2001) calcularon que un ataque combinado de *Thrips palmi* Karny y *T. vaporariorum* puede causar pérdidas cercanas al 50%, de las cuales casi el 20% pueden ser atribuidas a *T. vaporariorum*. Frente a esta situación, el control químico aparece como la principal

1 Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali. E-mail: i.rodriguez@cgiar.org

2 Autor para correspondencia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. A. A. 6713, Cali. E-mail: c.cardona@cgiar.org

estrategia de manejo por parte de los agricultores, quienes utilizan con mucha frecuencia insecticidas organofosforados, carbamatos, piretroides y reguladores de crecimiento. En zonas como Pradera y Tenerife (municipio del Cerrito) se realizan hasta 20 aplicaciones por ciclo para el control de mosca blanca en cultivos de consumo directo como tomate (Rodríguez y Cardona 2001).

Con este panorama no es raro encontrar que diferentes estados de desarrollo de *T. vaporariorum* hayan desarrollado niveles de resistencia a insecticidas, debido a la presión de selección ejercida por las constantes aplicaciones y a la capacidad intrínseca del insecto para desarrollar resistencia (Denholm *et al.* 1996). Los niveles de resistencia en adultos e inmaduros de moscas blancas son situaciones totalmente distintas y, si se quiere hacer un estudio completo, es necesario medir la respuesta de los diferentes estados de desarrollo del insecto a insecticidas (Denholm *et al.* 1996). Los registros de resistencia a insecticidas organofosforados, carbamatos, piretroides y organoclorados en adultos de *T. vaporariorum* datan de la década de los 70 en Inglaterra (Wardlow *et al.* 1972; Wardlow *et al.* 1976). Hoy en día, se tienen registros de poblaciones altamente resistentes a estos grupos de insecticidas en Estados Unidos (Omer *et al.* 1993), Holanda (French *et al.* 1973) y Francia (Rufingier *et al.* 1999). En el caso de inmaduros, se han registrado altos niveles de resistencia a organofosforados, carbamatos y piretroides en razas de Estados Unidos (Elhag y Horn 1983) y a reguladores de crecimiento en Inglaterra (Gorman *et al.* 2000), Francia (Rufingier *et al.* 1999), Nueva Zelanda (Workman *et al.* 1995), Bélgica (Cock *et al.* 1995) y Estados Unidos (Collman y All 1982). Se han registrado altos niveles de resistencia en adultos e inmaduros de los biotipos de *B. tabaci* hacia productos tradicionales, reguladores de crecimiento y neonicotinoides en países como Sudán (Bashir 1999), Israel (Devine *et al.* 1999), Estados Unidos (Wolfenbarger *et al.* 1998), China (Zheng y Goa 1995) y España (Elbert y Nauen 2000).

En Colombia, Buitrago *et al.* (1994) detectaron niveles de resistencia altos a piretroides, moderados a monocrotofos y metamidofos, intermedios a metomil y bajos a profenofos y carbofuran en poblaciones de adultos de *T. vaporariorum*. Rodríguez (1999) encontró altos niveles de resistencia a organofosforados y susceptibilidad a metomil, carbofuran e imidacloprid en adultos de *T. vaporariorum* del Valle. Las ninfas de primer ínstar de estas poblaciones fueron resistentes a metamidofos, dimetoato, metomil, cipermetrina y abamectina pero no se detectaron problemas de resistencia con reguladores de crecimiento e imidacloprid. Cardona *et al.* (2001) realizaron la primera medición periódica de resistencia a metamidofos, metomil y cipermetrina en 40 localidades de Colombia y Ecuador mediante la técnica de viales impregnados con la dosificación diagnóstica de cada insecticida. Encuentra-

ron resistencia alta a metamidofos, intermedia a alta a cipermetrina y baja a metomil en las poblaciones de *T. vaporariorum* estudiadas.

Teniendo en cuenta la problemática de *T. vaporariorum* en el Valle del Cauca, el excesivo uso de insecticidas para el manejo de esta plaga y la necesidad de desarrollar programas de manejo de la resistencia en zonas de alto uso de plaguicidas, el presente trabajo pretende ampliar el número de líneas base y dosis diagnóstica sobre adultos de la raza susceptible del CIAT. Además, identificar los parámetros para medir resistencia en ninfas de primer ínstar a dos reguladores de crecimiento y un neonicotinoide.

Materiales y Métodos

Los trabajos de laboratorio para establecer líneas base y calcular dosis diagnóstica se adelantaron en los laboratorios del CIAT en Palmira (Valle) con adultos y ninfas de primer ínstar provenientes de crías masivas de una raza de *T. vaporariorum* susceptible a insecticidas. Esta cría se ha mantenido por más de 10 años a $20.5 \pm 2^\circ\text{C}$ y 50-98 % H.R. Las mediciones periódicas de resistencia se hicieron en cinco municipios del Valle del Cauca, con nueve insecticidas de amplio uso para el control de adultos y tres de uso frecuente para controlar ninfas.

Establecimiento de líneas base y dosis diagnóstica. Los insecticidas y dosis evaluados en adultos fueron: monocrotofos (diluciones en serie de una solución madre a terceras partes de 0.3 a 300 $\mu\text{g}/\text{vial}$), carbosulfan (diluciones a terceras partes de 0.1 a 100 $\mu\text{g}/\text{vial}$) y bifentrin (diluciones a terceras partes de 0.3 a 300 $\mu\text{g}/\text{vial}$). Se usó la línea base establecida por Cardona *et al.* (2001) de carbofuran y para cialotrina e imidacloprid (cuyas líneas base fueron registradas por los mismos autores), los valores se reconfirmaron utilizando diluciones seriadas de 0.1 a 500 $\mu\text{g}/\text{vial}$ de cialotrina y soluciones a mitades de 0.3 a 20 ppm de producto comercial de imidacloprid.

Con excepción de imidacloprid, en adultos se usó la técnica de viales impregnados con ingrediente activo disuelto en acetona (Plapp *et al.* 1990). Se utilizaron como unidades experimentales viales de 25 ml que fueron tratados con 250 ml de la solución de ingrediente activo diluido en acetona. Como controles para corregir la mortalidad se usaron viales impregnados con acetona pura. El tiempo de exposición a los insecticidas fue de 6 horas. Para imidacloprid (insecticida altamente sistémico) se usó la técnica desarrollada por Cahill *et al.* (1996). Se sumergieron por 16 horas pecíolos de frijol variedad 'ICA Pijao' en soluciones seleccionadas (dosis) disueltas en agua destilada para que el insecticida fuera absorbido por las hojas. Posteriormente se cortaron discos de follaje (unidad experimental) de 5 cm de diámetro, los cuales se colocaron sobre agar noble al 1,2% en cajas de petri. Como controles para corregir

la mortalidad se utilizaron pecíolos sumergidos en agua destilada. El tiempo de exposición al insecticida fue de 48 horas.

En todas las evaluaciones se registró el número de insectos vivos y muertos en cada repetición. Se usó un diseño de bloques completos al azar con cinco (5) repeticiones por dosis de insecticida, cada repetición con 20 adultos de *T. vaporariorum* sin sexar de 5 a 7 días de edad, para un total de 100 individuos por dosis de cada producto.

Para establecer las líneas base en ninfas de primer ínstar, se usó la técnica de inmersión de follaje descrita por Prabhaker *et al.* (1985). Se usaron dosis de producto comercial preparadas a partir de diluciones en serie de una solución madre: a terceras partes de 300 a 0.3 ppm para buprofezin y diafentiuron y de 1.000 a 1 ppm para imidacloprid. Se estableció una población de ninfas de primer ínstar suficientes para probar las dosis de los productos, lo cual se logró mediante la confinación de diez adultos de *T. vaporariorum* de siete días de edad, en jaulas pinzas sobre trifolios de frijol variedad 'ICA Pijao' por un tiempo no mayor a 24 horas. Se esperaron por lo menos 10 días para la obtención de ninfas de primer ínstar y, como en cada jaula ocurren números variables de ninfas, se marcó el área de ubicación y se contó el número de individuos por repetición. Posteriormente, los trifolios con ninfas se trataron con las dosis seleccionadas de cada uno de los insecticidas disueltos en agua destilada, por inmersión del follaje durante 5 segundos. Luego de 26 días, se determinó la supervivencia en cada repetición mediante el conteo del número de exuvias (emergencia de adultos) en el área demarcada. La diferencia entre el número inicial de ninfas y el número de exuvias en cada repetición, se usó para calcular el porcentaje de mortalidad en cada dosis. Como tratamiento control para corrección de mortalidad, se usaron trifolios infestados con ninfas inmersos en agua destilada. Se usaron cuatro (4) repeticiones por dosis de producto en un diseño de bloques completos al azar.

En todas las evaluaciones (adultos y ninfas) la mortalidad se corrigió con la fórmula de Abbott (Busvine 1971) y se realizaron tres ensayos por producto. Las pruebas en las cuales la mortalidad del testigo fue superior al 10%, se descartaron. Las concentraciones letales media y 90 (CL_{50} y CL_{90}) de cada ensayo, así como los límites de confianza de las regresiones se calcularon por medio de análisis Probit (SAS 1989). Se consideraron estadísticamente iguales las CL_{50} y CL_{90} de un producto dado cuyos límites de confianza se superpusieron. A partir de las líneas base, se escogió un juego de tres (en el caso de ninfas) y de cuatro (en el caso de adultos) dosis empíricas de cada producto, que causarían mortalidades entre 5 y 95% de la población susceptible. Estas dosis se evaluaron de nuevo con adultos y ninfas de la cría de *T. vaporariorum* del CIAT con las metodologías ya descritas para cada insecticida, con el fin de estimar las dosis diagnóstica (aquella que mata por lo me-

nos el 95% de una raza susceptible) para cada producto. Las dosis diagnósticas así estimadas, se usaron para comparar las mortalidades en adultos e inmaduros de razas de *T. vaporariorum* colectadas en cinco zonas del Valle del Cauca, con las mortalidades en la raza susceptible.

Mediciones periódicas de resistencia.

Los trabajos con adultos se hicieron con las dosis diagnósticas de metamidofos, metomil y cipermetrina establecidas por Cardona *et al.* (2001) y las de monocrotofos, carbosulfan, carbofuran, cialotrina, bifentrin e imidacloprid identificadas en el presente trabajo. Para inmaduros la medición periódica de la resistencia se realizó con las dosis diagnósticas de buprofezin, diafentiuiron e imidacloprid establecidas sobre ninfas de primer instar. Se visitaron cinco zonas del Valle del Cauca: Pradera, Rozo, El Dovio, Santa Helena (caracterizadas por un alto uso de insecticidas para el control de mosca blanca) y La Cumbre (con menor uso de insecticidas). Se realizaron dos mediciones periódicas de resistencia para adultos (semestres 2001A y 2001B) y una para ninfas (2001B).

La medición periódica de resistencia de adultos con insecticidas tradicionales (organofosforados, carbamatos y piretroides) se hizo mediante viales impregnados con la dosis diagnóstica de cada insecticida. Los individuos colectados directamente de las plantas (fríjol, tomate, pepino o habichuela) en cada zona visitada, se introdujeron en los viales. Seis horas después, se registró el número de individuos vivos y muertos en cada vial con el fin de calcular el porcentaje de mortalidad. Se utilizaron como controles viales tratados con acetona pura. Para imidacloprid, se colectaron hojas infestadas con pupas, las cuales se llevaron a cuartos de cría del CIAT para esperar la emergencia de adultos de edad conocida. Los adultos de cinco días de edad se utilizaron en pruebas con trifolios de fríjol

tratados con la dosis diagnóstica de imidacloprid por el método de inmersión de pecíolos, tal como se procedió para establecer la línea base con este producto. Para corregir mortalidades se utilizaron como controles pecíolos sumergidos en agua destilada. Las lecturas de mortalidad se hicieron en los cuartos de cría 48 horas después de la infestación. Se registró el número de insectos vivos y muertos en cada repetición. En todos los casos se usó un diseño de bloques completos al azar con cinco (5) repeticiones por dosis de cada insecticida y 20 adultos por repetición, para un total de 100 individuos evaluados por dosis de producto.

Para medir periódicamente la resistencia en ninfas, se levantaron crías de cada raza a partir de hojas infestadas con pupas colectadas en cultivos afectados en cada una de las zonas visitadas. Los adultos emergidos de las pupas se mantuvieron en plantas de fríjol variedad 'ICA Pijao', en las mismas condiciones ambientales a las cuales se cría la raza susceptible. Se estableció una población de ninfas de primer instar de cada raza suficiente para las pruebas, mediante la confinación por 24 horas de 10 adultos de 7 días de edad en jaulas pinzas sobre trifolios de fríjol. Se esperaron por lo menos 10 días y, como en cada jaula ocurren números variables de ninfas, se marcó el área de ubicación y se contó el número de individuos por repetición así obtenidos. Los trifolios con ninfas se trataron con la dosis diagnóstica de cada insecticida usando la metodología de inmersión del follaje. Luego de 26 días se contó el número de exuvias (emergencia de adultos) en el área demarcada de cada repetición. La diferencia entre el número inicial de ninfas y el número de exuvias por repetición, constituye una medida de supervivencia y se usó para calcular el porcentaje de mortalidad obtenido con cada dosis. Como tratamiento para corrección de mortalidad se usaron trifolios infestados con ninfas sumergidos en agua

destilada. Se usó un diseño de bloques completos al azar con cuatro (4) repeticiones por dosis diagnóstica de cada producto.

En todos los casos (adultos y ninfas) la mortalidad se corrigió por la fórmula de Abbott (Busvine 1971) y no se aceptaron pruebas con porcentajes de mortalidad en los testigos superiores al 10%. Todos los datos se sometieron a análisis de varianza previa transformación a arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción. En el trabajo se presentan las medias sin transformación. Cuando la prueba de *F* fue significativa, se hizo la separación de medias por Diferencia Mínima Significativa al 5% (STATISTIX 1998).

Para identificar posibles cambios en los niveles de resistencia en poblaciones de adultos a través del tiempo, las mortalidades obtenidas en la primera medición periódica de resistencia con cada raza en cada sitio se compararon con las correspondientes mortalidades en la segunda medición mediante pruebas de *t* Student con un nivel de significancia del 5%. En dos casos específicos (metamidofos en Pradera y bifentrin en El Dovio) en los cuales había necesidad de confirmar resultados, los datos se analizaron como si se tratara de parcelas divididas (mediciones periódicas de resistencia como parcelas mayores, razas como parcelas menores) para luego hacer separación de medias por DMS al 5% (STATISTIX 1998).

Resultados y Discusión

Líneas base y dosis diagnóstica para adultos y ninfas.

De acuerdo con Denholm *et al.* (1996) el establecimiento de las líneas base con diferentes insecticidas es una labor muy importante, ya que estos parámetros son los pilares fundamentales en la identificación de las dosis diagnósticas, valores con los cuales se pueden medir los cambios en resistencia de diferentes estadios de desarrollo de razas de campo en forma rápida y muy práctica. En la tabla 1

Tabla 1. Respuesta toxicológica de adultos y ninfas de una raza de laboratorio de *Trialeurodes vaporariorum* a siete insecticidas. Las pruebas con imidacloprid en adultos se hicieron siguiendo la metodología de Cahill *et al.* (1996). Los demás se evaluaron con la técnica de viales impregnados. En ninfas se usó la técnica de jaulas pinza e inmersión de follaje

Insecticida	n	CL ₅₀ (LC 95%) ¹	CL ₉₀ (LC 95%)	b ± EEM	χ ²	P
Adultos						
monocrotofos	710	9.7 (6.7-13.4)	175.4 (115.5-299.8)	1.0 ± 0.08	4.8	0.4
carbosulfan	712	1.8 (1.5 - 2.1)	19.9 (16.3 - 24.9)	1.2 ± 0.05	3.3	0.6
cialotrina ²	714	9.4 (6.1-13.5)	264.9 (170.9-455.3)	0.9 ± 0.06	0.1	0.9
bifentrin	380	2.4 (1.6 - 3.1)	6.7 (5.2 - 9.8)	2.9 ± 0.49	0.9	0.3
imidacloprid ^{2 3}	921	5.7 (4.6 - 6.9)	28.4 (20.9 - 44.9)	1.9 ± 0.22	7.8	0.2
Ninfas de primer instar						
buprofezin ³	907	0.8 (0.6 - 1.1)	9.2 (6.9 - 13.0)	1.2 ± 0.09	7.3	0.2
diafentiuiron ³	904	3.2 (2.3 - 4.4)	60.1 (41.8 - 92.8)	1.0 ± 0.06	10.5	0.1
imidacloprid ³	483	16.5 (10.7 - 23.4)	171.5 (115.6 - 290.9)	1.2 ± 0.10	3.6	0.6

¹ LC: Límites de confiabilidad al 95%

² Líneas base ajustadas a partir de los trabajos de Cardona *et al.* (2001)

³ Dosis en ppm. Los demás en µg de ingrediente activo/vial.

aparece la respuesta toxicológica de adultos y ninfas de primer ínstar de la raza *T. vaporariorum* del CIAT (mantenida en endocría desde hace más de diez años) expuestos a un organofosforado (monocrotofos), un carbamato (carbosulfan), dos piretroides (cialotrina y bifentrin), un neonicotinoide (imidacloprid) y dos reguladores de crecimiento (buprofezin y diafenturon). Se amplía así la lista de insecticidas para hacer mediciones periódicas de resistencia en cualquier zona de Colombia en adultos e inmaduros hacia productos tradicionales y modernos (reguladores de crecimiento y neonicotinoídes), que son de uso frecuente para el control de *T. vaporariorum* (Rodríguez y Cardona 2001).

Los diferentes valores de CL_{50} y CL_{90} muestran la mayor o menor toxicidad de cada insecticida sobre adultos y ninfas de la raza susceptible. Los parámetros de resistencia obtenidos con cialotrina en adultos fueron menores a los publicados por Cardona *et al.* (2001) con límites de confiabilidad bastante ajustados. Los valores de CL_{50} y CL_{90} de imidacloprid fueron mayores con límites más amplios. En ninfas, se encontraron valores de CL_{50} y CL_{90} de imidacloprid mayores a los establecidos sobre adultos, lo que confirma los registros acerca de la diferencia en la respuesta de los estados de desarrollo a un mismo insecticida (French *et al.* 1973; Collman y All 1982; Denholm *et al.* 1996). Las CL_{50} y CL_{90} de buprofezin fueron concentraciones muy bajas comparadas con las de los otros dos insecticidas evaluados con ninfas; este ingrediente activo presenta una mayor toxicidad por ser un regulador de crecimiento específico para inmaduros de *T. vaporariorum* (Tabla 1).

Después de haber establecido las CL_{90} y sus límites de confiabilidad con la raza susceptible, se estimaron las siguientes dosis diagnósticas para pruebas con adultos: 300 $\mu\text{g/vial}$ (monocrotofos), 100 $\mu\text{g/vial}$ (carbosulfan), 500 $\mu\text{g/vial}$ (cialotrina), 5 $\mu\text{g/vial}$ (bifentrin), 5 $\mu\text{g/vial}$ (carbofuran) y 40 ppm

(imidacloprid). También se utilizaron las dosis diagnósticas establecidas por Cardona *et al.* (2001) para metamidofos (32 $\mu\text{g/vial}$), metomil (2.5 $\mu\text{g/vial}$) y cipermetrina (500 $\mu\text{g/vial}$). Para evaluar cambios en la resistencia de ninfas se usaron las siguientes dosis diagnósticas: 300 ppm (diafenturon), 16 ppm (buprofezin), y 300 ppm (imidacloprid). Estas dosis causaron mortalidades en la raza susceptible superiores al 94% (Tabla 2).

Medición periódica de resistencia. La interpretación de los datos de mortalidad corregida se hizo mediante la siguiente escala arbitraria para clasificar la resistencia o susceptibilidad de las poblaciones: 0-50% de mortalidad, resistencia; 50-80%, resistencia intermedia; > 80%, susceptibilidad (Cardona *et al.* 2001).

Evaluaciones con adultos

Organofosforados. En la tabla 3 se presentan los resultados obtenidos en dos mediciones periódicas de resistencia con adultos de *T. vaporariorum* colectados en cinco zonas del Valle del Cauca en comparación con la raza susceptible ('CIAT'). Con excepción de La Cumbre (que presentó resistencia intermedia), la reacción a metamidofos en el resto de las zonas visitadas fue de resistencia alta porque los porcentajes de mortalidad registrados difirieron significativamente del porcentaje de mortalidad en la raza susceptible, y estuvieron por debajo de 50%. Pradera mostró un aumento significativo en el nivel de resistencia a metamidofos en la segunda medición periódica de resistencia. En El Dovio, a pesar que se presentó un aumento significativo en la mortalidad con la dosis diagnóstica, la clasificación de resistencia en esta raza no cambió de una medición periódica de resistencia a la otra. Por su parte hubo un aumento significativo en la susceptibilidad de la raza colectada en La Cumbre (Tabla 3). Se registraron niveles de resistencia altos a monocrotofos en Prade-

ra y El Dovio, e intermedios en Rozo. La Cumbre y Santa Helena mostraron susceptibilidad a este producto; sin embargo, en la segunda medición periódica de resistencia la susceptibilidad de la raza de La Cumbre disminuyó significativamente y se registraron niveles de resistencia intermedios al insecticida en las poblaciones allí colectadas (Tabla 3). La resistencia de adultos de *T. vaporariorum* a organofosforados es un fenómeno muy frecuente a nivel mundial (Denholm *et al.* 1996). Los resultados del presente trabajo confirman los niveles de resistencia altos a organofosforados detectados por Rodríguez (1999) y Cardona *et al.* (2001) en el Valle del Cauca, situación que se puede explicar por el alto porcentaje de uso de este grupo químico en la región (Rodríguez y Cardona 2001).

Carbamatos. Se encontró susceptibilidad marcada a metomil en todas las razas evaluadas porque no se detectaron diferencias significativas entre ellas y el testigo susceptible. Esta susceptibilidad a metomil se mantuvo a través de las mediciones periódicas de resistencia en todos los sitios (Tabla 3). La susceptibilidad a metomil en varias zonas de Colombia también fue detectada en los trabajos de Rodríguez (1999) y Cardona *et al.* (2001). Se encontraron niveles de resistencia intermedia a carbofuran en El Dovio y susceptibilidad a este insecticida en Santa Helena y La Cumbre. A pesar que las razas de Rozo y Pradera habían sido catalogadas como susceptibles en la primera medición periódica de resistencia, estas poblaciones mostraron aumentos significativos en su nivel de resistencia a carbofuran (Tabla 3). Esto se puede atribuir a la presión de selección ejercida por las continuas aplicaciones de carbamatos, grupo químico que ocupó el segundo lugar en porcentaje de uso de insecticidas para el control de mosca blanca en el Valle del Cauca (Rodríguez y Cardona, 2001). La reacción general a carbosulfan en las mediciones periódicas de resistencia fue de susceptibilidad, lo cual explica el por qué sigue siendo efectivo aún en zonas críticas como Rozo, Pradera y El Dovio.

Piretroides. Se detectaron niveles de resistencia altos a cipermetrina en El Dovio, resistencia intermedia en Pradera y Rozo y susceptibilidad a este producto en La Cumbre y Santa Helena. La reacción a cialotrina en Pradera y Rozo fue de resistencia intermedia y de susceptibilidad en todos los demás sitios muestreados. Hubo una disminución ligera en la resistencia a cialotrina en la zona de Rozo (Tabla 3). Los niveles de resistencia mayores a bifentrin se detectaron en Pradera y El Dovio, seguidos por Santa Helena, localidad en la cual el insecto mostró resistencia intermedia. Es de resaltar que la raza de Rozo, clasificada como intermedia en la primera medición periódica de resistencia, pasó a ser clasificada como resistente en la segunda. Algo semejante ocurrió en La Cumbre, donde las poblaciones susceptibles en la primera medición periódica de resistencia, mostraron niveles intermedios en la segunda me-

Tabla 2. Respuesta de adultos y ninfas de una raza de laboratorio de *Trialeurodes vaporariorum* a ocho insecticidas

Insecticida	Dosis diagnóstica	Mortalidad corregida	
		Primer ensayo	Segundo ensayo
Adultos			
monocrotofos	300 $\mu\text{g/vial}$	100.0	96.8
carbofuran	5 $\mu\text{g/vial}$ ¹	97.5	96.5
carbosulfan	100 $\mu\text{g/vial}$	99.0	97.1
cialotrina	500 $\mu\text{g/vial}$	100.0	96.9
bifentrin	5 $\mu\text{g/vial}$	100.0	96.9
imidacloprid ²	40 ppm	97.9	93.9
Ninfas de primer ínstar			
buprofezin ²	16 ppm	97.6	98.2
diafenturon ²	300 ppm	94.6	97.6
imidacloprid ²	300 ppm	94.9	97.2

¹ Dosis diagnóstica escogida a partir de la línea base de carbofuran establecida sobre adultos de la raza *T. vaporariorum* del CIAT por Cardona *et al.* (2001).

Tabla 3. Respuesta de adultos de *Trialeurodes vaporariorum* a nueve insecticidas en cinco zonas del Valle del Cauca. La dosis diagnóstico de imidacloprid se probó bajo condiciones controladas siguiendo la metodología descrita por Cahill *et al.* (1996). Las demás en condiciones de campo usando viales impregnados con los respectivos insecticidas

Razas	Porcentaje de mortalidad corregida					
	2001 A	2001 B	2001 A	2001 B	2001 A	2001 B
	metamidofos (32 µg/vial)		monocrotofos (300 µg/vial)		metomil (2.5 µg/vial)	
'CIAT'	95.7a A	100a A	91.8a A	93.8a A	100a A	100a A
La Cumbre	75.2b B	88.7b A	93.8a A	74.2bc B	100a A	100a A
Pradera	30.6c A	13.3c B	15.2c B	33.5 e A	100a A	100a A
Santa Helena	27.4c A	22.5c A	89.7a A	84.3ab A	98.9a A	96.9a A
Rozo	14.1d A	23.9c A	66.7b A	56.7cd A	100a A	94.8a A
El Dovio	5.5e B	25.7c A	42.5b A	54.2 d A	100a A	98.0a A
	carbofuran (5 µg/vial)		carbosulfan (100 µg/vial)		cipermetrina (500 µg/vial)	
'CIAT'	97.9a A	97.0a A	99.0a A	98.9a A	89.4a A	90.0a A
La Cumbre	91.4ab A	95.7a A	94.7a A	98.9a A	89.3ab A	79.9b A
Pradera	90.7ab A	72.6bc B	91.7a A	83.6c A	79.7bc A	75.1b A
Santa Helena	83.4b A	84.0b A	89.5a A	93.7abc A	83.2ab A	82.4ab A
Rozo	93.5ab A	63.0c B	74.2a A	87.5bc A	67.4c A	57.6 c B
El Dovio	65.2 c A	67.4c A	91.0a A	95.8ab A	17.7d A	21.6 d A
	cialotrina (500 µg/vial)		bifentrin (5 µg/vial)		imidacloprid (40 ppm)	
'CIAT'	95.7ab A	91.7a A	97.8a A	95.9a A	95.9a A	93.8a A
La Cumbre	96.8a A	90.4a A	95.7a A	78.5b B	96.8a A	93.8a A
Pradera	73.2c A	79.3a A	43.3c A	44.3c A	93.8a A	75.8b B
Santa Helena	84.2bc A	86.2a A	77.2b A	72.8b A	93.7a A	89.6a A
Rozo	73.5c B	86.4a A	66.6b A	32.6d B	87.a A	90.6a A
El Dovio	87.1ab A	85.7a A	12.8d B	19.7e A	94.8a A	93.8a A

Las medias dentro de una columna seguidas por la misma letra minúscula no difieren significativamente al nivel de 5% (pruebas de DMS). Las medias dentro de una fila seguidas por la misma letra mayúscula, no difieren significativamente al 5% (Pruebas de t Student). Cada producto en cada semestre analizado por separado.

dición. Con estos resultados se demuestra que la mosca blanca además de presentar resistencia a cipermetrina ha desarrollado niveles de resistencia altos a otros piretroides ampliamente usados en zonas con uso crítico como son Pradera, Rozo y El Dovio. Estos resultados confirman los registros de Rodríguez (1999) y Cardona *et al.* (2001). La resistencia de *T. vaporariorum* a piretroides se encuentra bien documentada en diferentes regiones del mundo donde se registran dificultades de control de moscas blancas con este grupo químico (Omer *et al.* 1993; Rufingier *et al.* 1999).

Neonicotinoides. La respuesta a imidacloprid fue en general de susceptibilidad; sin embargo, en la segunda medición de resistencia se detectaron niveles intermedios en Pradera, situación que se puede atribuir al excesivo uso de este producto en la zona durante mucho tiempo. Las demás razas fueron altamente susceptibles al producto. En los registros de Rodríguez y Cardona (2001) se encontró que imidacloprid es uno de los insecticidas más utilizados por los

agricultores. De continuar con el excesivo uso de este ingrediente activo, se podría aumentar la presión de selección de individuos resistentes y por lo tanto, disminuir su efectividad. Si esta situación no se maneja adecuadamente, se podrían presentar casos de resistencia a imidacloprid como los que se han registrado en España para el biotipo B de *B. tabaci* (Elbert y Nauen 2000).

Como resumen del comportamiento de adultos de las razas a través del tiempo podemos decir que se detectaron incrementos en los niveles de resistencia a monocrotofos y bifentrin en adultos de La Cumbre, situación que demuestra que esta raza está perdiendo la marcada susceptibilidad que presentaba a los insecticidas en las mediciones periódicas de resistencia iniciales realizados por Rodríguez (1999) y Cardona *et al.* (2001). En Pradera aumentó la resistencia a metamidofos y carbofuran y disminuyó la susceptibilidad a imidacloprid. La raza colectada en Rozo aumentó su resistencia a carbofuran, cipermetrina y

bifentrin pero mostró susceptibilidad a cialotrina. Todos estos cambios en los niveles de resistencia están relacionados con el historial de exposición a insecticidas para el control de mosca blanca y otras plagas en regiones como Rozo y Pradera donde se realizan aplicaciones tipo calendario de insecticidas convencionales para el control de mosca blanca y otras plagas en cultivos hortícolas.

Evaluaciones con ninfas

La mortalidad de ninfas con buprofezin en todas los sitios estudiados fue mayor del 80%, lo cual permite clasificar esta reacción como susceptible. La raza de Pradera fue la única que difirió significativamente del testigo susceptible, aunque sigue siendo susceptible (Tabla 4). Sin embargo, teniendo en cuenta la frecuencia de uso de este ingrediente, la susceptibilidad podría disminuir y llegar a situaciones de resistencia a este regulador de crecimiento tal como se ha registrado en Inglaterra (Gorman *et al.* 2000), Francia (Rufingier *et al.* 1999), Nue-

Tabla 4. Respuesta de ninfas de *Trialeurodes vaporariorum* a tres insecticidas en cinco zonas del Valle del Cauca. Las dosis diagnósticas se probaron bajo condiciones controladas siguiendo la metodología inmersión del follaje en los respectivos insecticidas

Razas	Porcentaje de mortalidad corregida		
	buprofezin (16 ppm)	diafenthiuron (300 ppm)	imidacloprid (300 ppm)
CIAT	98.4 a ¹	98.2 a	100 a
La Cumbre	100 a	92.6 a	92.8 b
Santa Helena	100 a	92.2 a	91.4 b
Rozo	100 a	80.7 a	100 a
El Dovio	100 a	95.1 a	96.2 ab
Pradera	87.0 b	88.6 a	84.9 b

¹ Las medias dentro de una columna seguidas por la misma letra no difieren significativamente al nivel de 5% (pruebas de DMS).

va Zelanda (Workman *et al.* 1995), Estados Unidos (Collman y All 1982) y Bélgica (Cock 1995). No se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de mortalidad de las razas de campo y la raza susceptible con diafenthiuron, lo que demuestra que aún no se ha desarrollado resistencia a este regulador de crecimiento. A pesar que se encontraron diferencias significativas entre las mortalidades de las poblaciones de campo y la raza susceptible, no se puede decir que encontraron niveles de resistencia a imidacloprid porque los porcentajes de mortalidad obtenidos con la dosis diagnóstica de este producto fueron superiores al 84%.

De esta manera, se puede resumir que la situación detectada en las mediciones periódicas de resistencia con adultos y ninfas de *T. vaporariorum* en el Valle del Cauca muestra que continúan los problemas de resistencia a organofosforados y piretroides en adultos, debido principalmente al excesivo e inadecuado uso de estos grupos químicos en la región. Por su parte, se mantiene la susceptibilidad de adultos a metomil, carbosulfan e imidacloprid, aunque hacia este último producto, razas como Pradera (en las que se realiza un inadecuado uso de insecticidas) empiezan a mostrar niveles de resistencia intermedios al insecticida. En el caso de ninfas, no hay evidencia de resistencia a reguladores de crecimiento e imidacloprid.

Los insecticidas modernos (neonicotinoides y reguladores de crecimiento) además de los carbamatos eficientes para el control de adultos, podrían hacer parte de la alternativa química para el control *T. vaporariorum*. Estos ingredientes activos constituyen herramientas importantes para una alternativa química que, manejada adecuadamente en programas de rotación y aplicada con criterio a niveles de población cercanos a umbrales de acción, pueden hacer parte del paquete de manejo integrado de moscas blancas en zonas con ataques críticos del insecto como Pradera, Rozo y El Dovio.

Conclusiones

- Se establecieron las líneas base y dosis diagnósticas de un organofosforado, dos carbamatos, dos piretroides y un neonicotinoide sobre adultos de una raza de *T. vaporariorum* susceptible a insecticidas. En ninfas estos parámetros se establecieron sobre la misma raza para dos reguladores de crecimiento y un neonicotinoide.
- En las mediciones periódicas de resistencia con adultos se detectaron niveles de resistencia altos a organofosforados y bifentrin, e intermedios a los demás piretroides evaluados. Para carbamatos e imidacloprid se encontró susceptibilidad.
- En el caso de inmaduros, no se encontraron evidencias de resistencia a los insecticidas evaluados (buprofezin, diafenthiuron e imidacloprid).

Literatura citada

- BASHIR N. 1999. *Bemisia tabaci* (Genn.) resistance in the Sudan: Statu quo. p: 73-80. En: Proceedings of the Fifth International Conference on Pests in Agriculture, Part I, Montpellier, Francia. December 7-9, 1999.
- BUITRAGO, N. A.; CARDONA, C.; ACOSTA, A. 1994. Niveles de resistencia a insecticidas en *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae), plaga del frijol común. Revista Colombiana de Entomología 20 (2): 109-114.
- BUSVINE, J. R. 1971. A critical review of the techniques for testing insecticides. Commonwealth Agricultural Bureaux. The Commonwealth Institute of Entomology, 56 Queens Gate, London. 345 p.
- BYRNE, D.; BELLOWES, T.; PARRELLA, M. 1990. Whiteflies in agricultural systems. p. 227-251. En: Whiteflies: Their Bionomics, Pest Status and Management. (D. Gerling, ed.). Athenaeum New Castle, UK.
- CAHILL, M.; GORMAN, K.; DAY, S.; DENHOLM, I. 1996. Baseline determination and detection of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Bull. Entomol. Res. 86: 343-349.

CARDONA, C.; RENDÓN, F.; GARCÍA, J.; LÓPEZ-ÁVILA, A.; BUENO, J.; RAMÍREZ, J. 2001. Resistencia a insecticidas en *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) en Colombia y Ecuador. Revista Colombiana de Entomología 27 (1-2): 33-38.

COCK, A.; ISHAAYA, I.; VAN DE VEIRE, M.; DEGHEELE, D. 1995. Response of buprofezin-susceptible and -resistant strains of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) to pyriproxyfen and diafenthiuron. J. Econ. Entomol. 88 (4): 763-767.

COLLMAN, G. L.; ALL, J. N. 1982. Biological impact of contact insecticides and insect growth regulators on isolated stages of the greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 75: 863-867.

DENHOLM, I.; CAHILL, M.; BYRNE, F. J.; DEVONSHIRE, A. L. 1996. Progress with documenting and combating insecticide resistance in *Bemisia*. p. 577-603. En: *Bemisia*: 1995. Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management. Intercept Ltd. Andover, Hants, UK.

DEVINE, G.; ISHAAYA, I.; HOROWITZ, A.; DENHOLM, I. 1999. The response of pyriproxyfen-resistant and susceptible *Bemisia tabaci* Genn (Homoptera: Aleyrodidae) to pyriproxyfen and fenoxycarb alone and in combination with piperonyl butoxide. Pesticide Science 55 (4): 405-411.

ELBERT, A.; NAUEN, R. 2000. Resistance of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides in southern Spain with special reference to neonicotinoids. Pest Management Science 56 (1): 60-64.

ELHAG, E. A.; HORN, D. J. 1983. Resistance of greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides in selected Ohio greenhouses. J. Econ. Entomol. 76: 945-948.

FRENCH, N.; LUDLAM, F. A.; WARDLOW, L. R. 1975. Observations on the effects of insecticides on glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood). Plant Pathology 22: 99-107.

GORMAN, K.; DEVINE, G.; DENHOLM, I. 2000. Status of pesticide resistance in UK populations of the glasshouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, and the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. p. 459-464. En: Proceedings The BCPC Conference: Pests and Diseases. Volume 1. Brighton, UK, November 13-16.

OMER A.; JOHNSON M.; TABASHNIK B.; ULLMAN D. 1993. Association between insecticide use and greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) resistance to insecticides in Hawaii. Pesticide Science 37 (3): 253-259.

PLAPP, F. W.; JACKMAN, J. A.; CAMPANHOLA, C.; FRISBIE, R. E.; GRAVES, J. B.; LUTRELL, R. G.; KITTEN, W. F.; WALL, M. 1990. Monitoring and management of pyrethroid resistance in the tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Texas, Mississippi, Louisiana, Arkansas, and Oklahoma. J. Econ. Entomol. 78: 748-752.

PRABHAKER, N.; COUDRIET, D.; MEYERDIRK, D. 1985. Insecticide resistance in the sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 78: 748-752.

- QUINTERO, C.; RENDÓN, F.; GARCÍA, J.; CARDONA, C.; LÓPEZ-ÁVILA, A.; HERNÁNDEZ, P. 2001. Especies y biotipos de moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en cultivos semestrales de Colombia y Ecuador. *Revista Colombiana de Entomología* 27 (1-2): 27-31.
- RENDÓN, F.; CARDONA C.; BUENO, J. 2001. Pérdidas causadas por *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) y *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) en habichuela en el Valle del Cauca. *Revista Colombiana de Entomología* 27 (1-2): 39-43.
- RODRÍGUEZ, I. 1999. Moscas blancas en el Valle del Cauca: Problemática, uso y resistencia a insecticidas. p. 14-18. En: Memorias Seminario sobre Moscas Blancas y Trips: Un Agresivo Complejo de Plagas Agrícolas de Fin de Milenio, El Cerrito, Valle, Noviembre 18. Sociedad Colombiana de Entomología.
- RODRÍGUEZ, I.; CARDONA C. 2001. Problemática de *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) como plagas de cultivos semestrales en el Valle del Cauca. *Revista Colombiana de Entomología* 27 (1-2):21-26.
- RUFINGIER, C.; SCHOEN, L.; MARTIN, C. 1999. Evaluation of resistance in the aleyrodid *Trialeurodes vaporariorum* Westwood to buprofezin, deltamethrin, methomyl and pyriproxyfen. pp. 107-114. En: Proceedings of the Fifth International Conference on Pests in Agriculture, Part I, Montpellier, Francia. December 7-9.
- SAS INSTITUTE. 1989. 1988. SAS user's guide. SAS Institute, Cary, NC.
- STATISTIX. 1998. Analytical Software. Statistix for Windows. User's Manual. 333 p.
- WARDLOW, L. R.; LUDLAM, F. A.; FRENCH, N. 1972. Insecticide resistance in glasshouse Whitefly. *Nature* 239: 164-165.
- WARDLOW, L. R.; LUDLAM, F. A.; BRADLEY, L. F. 1976. Pesticide resistance in glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* West.). *Pesticide Science* 7: 320-324.
- WOLFENBARGER, D.; RILEY, D.; STAETZ, C.; LEIBEE, G.; HERZOG, G.; GAGE, E. 1998. Response of silverleaf whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) to bifenthrin and endosulfan by vial bioassay in Florida, Georgia and Texas. *J. Entomol. Sci.* 33 (4): 412-420.
- WORKMAN, P. J.; MARTIN, N. A.; POPAY, A. J. 1995. Greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) resistance to buprofezin. p. 31-34. En: Proceedings 48th New Zealand Plant Protection Conference, Angus Inn, Hastings, New Zealand. August 8-10, 1995.
- ZHENG, BZ.; GOA, XW. 1995. Monitoring insecticide resistance in greenhouse whitefly in Beijing, China, 1991 to 1995. *Resistant Pest Management* 7 (2): 23-24.

Recibido: May. 02 / 2002

Acceptedo: Ago. 08 / 2002